

# Fehlererkennung an lackierten Oberflächen

## Deflektometrie mit Robotereinsatz

**Jeder Autokauf ist eine höchst emotionale Angelegenheit: ein potentieller Käufer ist nur dann bereit den vollen Preis zu zahlen, wenn er vom Gegenwert der angebotenen Ware absolut überzeugt ist. Speziell bei Fahrzeugen spielt die optische Perfektion dabei die entscheidende Rolle. Selbst ein relativ kleiner Fehler im ansonsten makellosen Lack führt hier zur Verunsicherung. Internet-Foren beleben Fälle von Rabattverhandlungen oder Kaufrücktritten.**

Um derartige Szenarien zu vermeiden, treiben Fahrzeughersteller einen bedeutenden Aufwand für die optische Oberflächenüberprüfung am Ende der Produktion. Spezielle Lichttunnel werden verwendet um Belichtungsbedingungen zu schaffen, mit denen eine Defekterkennung bis in den zehntel Millimeterbereich möglich wird. Trotz all der technischen Hilfsmittel sind menschliche Sichtkontrollen nie sehr zuverlässig. Bekanntlich variiert die Erkennungsrate mit der Tageszeit und wird sehr stark von menschlichen Eigenschaften wie Ermüdung oder Konzentrationsschwankungen beeinflusst.

Micro-Epsilon löst diese Aufgabe mit dem Messsystem reflectControl. Die menschliche Sichtkontrolle wird durch ein reproduzierbares vollautomatisches System ersetzt, das ähnlich wie ein Licht-

tunnel arbeitet. Basierend auf dem Prinzip der Deflektometrie, wird die Oberfläche des Fahrzeugs als Spiegel verwendet. Eine Lichtquelle erzeugt wechselnde helle und dunkle Streifen auf dem Fahrzeug. Fehler verursachen Verzerrungen in den gespiegelten Bildern, die automatisch erfasst und klassifiziert werden. Alternativ können erkannte Defekte auch automatisch am Fahrzeug markiert werden, was die Nacharbeit deutlich erleichtert.

Durch die zuverlässige Erkennung von Defekten direkt nach der Lackierung reduziert reflectControl die Anzahl der Defekte, die in die nachfolgenden Produktionsstufen übernommen werden merklich. Angesichts exponentiell steigender Kosten für die Beseitigung eines Defekts je später er im Prozess entdeckt wird, bietet das System ein jährliches Einsparpotenzial in Millionenhöhe für jeden Automobilhersteller.

**PRINZIP DER DEFLEKTOMETRIE.** Im Gegensatz zu herkömmlichen optischen Ansätzen, bei denen die Oberfläche von einer Punktlichtquelle beleuchtet und das diffus reflektierte Licht von einer Kamera aufgenommen wird, verwendet die Deflektometrie eine Fläche als Lichtquelle, deren Direktreflexion ausgewertet wird. Grundsätzlich erlaubt dieser Ansatz erst die Inspektion von Objekten mit hochglänzenden Oberflächen, wie z. B. lackierte Teile eines Fahrzeuges, wobei alle Ansätze unter Auswertung von

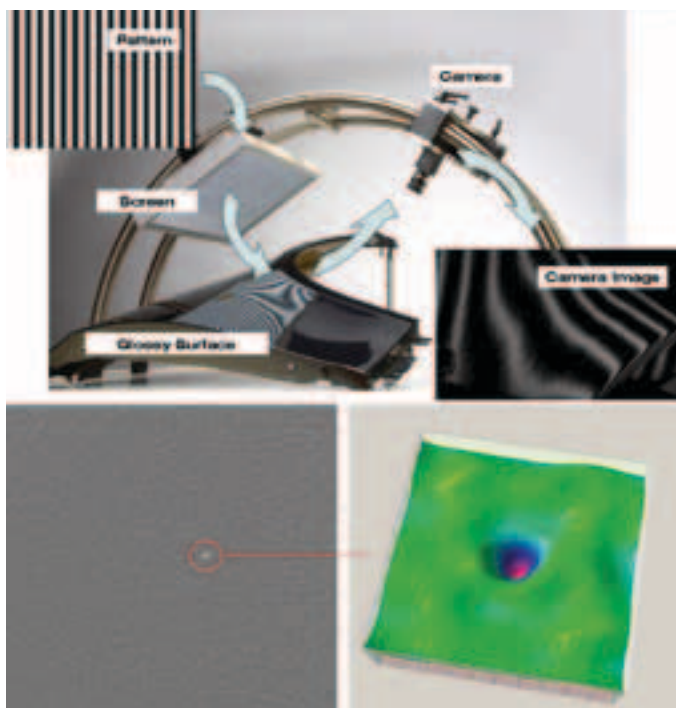


Bild 1: Messprinzip von reflectCONTROL (oben) und Erkennung eines Kraters in der Lackierung; Durchmesser: 2 mm, Tiefe 7,5 µm (Bilder: Micro Epsilon)

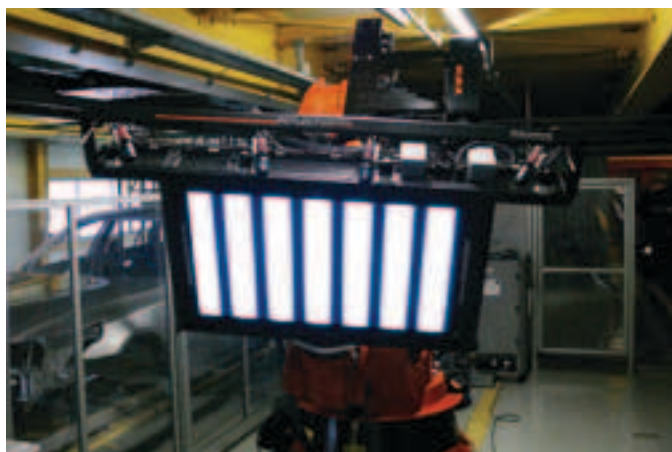


Bild 2: Sensor angebracht auf einem Roboter mit 4 Kameras

diffuser Reflexion versagen. Zudem reagiert das System extrem empfindlich auf Änderungen in der Oberflächenkrümmung, was die präzise Fehlererkennung im Bereich weniger Mikrometer erst ermöglicht.

Doch Deflektometrie ist nicht gleich Deflektometrie: Das Herzstück der zuverlässigen Defekterkennung bildet die verwendete «Multi-Image Aufnahme». Dazu erzeugt der Monitor ein sinusförmiges Streifenmuster welches in mehreren Phasenschritten verschoben wird, wobei die Kameras jeweils eine Aufnahme der Oberfläche machen. Anschließend wird das Muster um 90° gedreht und der Vorgang wiederholt. Dieser aufwändige Prozess der Datenaufnahme gewährleistet eine perfekt gleichmäßig hohe Auflösung über die gesamte Oberfläche. Dadurch wird jeder Fehler unabhängig von der Position auf der Oberfläche und seiner Ausrichtung erkannt. Darüber hinaus werden unvermeidbare statistische Fehlerinflüsse der Bilder nicht als Pseudo-Fehler eingestuft, da sich diese bei der Verrechnung der Bilder selbstständig aufheben.

In Verbindung mit komplexen Bildverarbeitungsalgorithmen, erkennt reflectControl alle Defekte, die typischerweise auf der Fahrzeugkarosserie zu finden sind, wie z. B.: Berührungen, Einschlüsse/Wölbungen, einlackierte Fussel/Haare, Kleberückstände, Sprekelungen, Krater, Lackablösung, Lacktropfen, Läufer, Nadelstiche, Overspray, Pressfehler, Riefen, Rohbaufehler, Schieberabzeichnungen, Schleiffehler, Schweißperlen, Spucker, Stippen, Teil-/Magerlackierung, Verschmutzungen und Wassertropfen.

**PRÜFUNG VON FAHRZEUGEN.** Die Inspektion der gesamten Karosserie auf Defekte bis herunter zu 0,3 mm Größe, und das bei einer typischen Produktionsgeschwindigkeit von 40 – 60 Fahrzeugen je Stunde, gleicht einer Mammutaufgabe. Um dies bewältigen zu können, wird reflectControl in der Linie an vier parallel arbeitenden Robotern appliziert. Alle Systeme sind mit einem großen Monitor und 4 Kameras ausgestattet. Jede Kamera nimmt 8 Bilder pro Messposition auf, wobei jede Prüfung weniger als 1s dauert. Bei üblichen Robotergeschwindigkeiten können somit ca.



Bild 3: Qualitätskontrolle einer Autotür unter realistischen Testbedingungen

**ABSTRACT:**

A German premium car manufacturer is going to use an automatic system for detecting defects at the surface on painted car bodies. Micro-Epsilon has developed a revolutionary system called reflectControl. The human visual inspection is replaced by a reliable and reproducible automated inspection, albeit working in a similar manner to what happens in a light tunnel.

30 Positionen innerhalb eines 60 Sekunden Zeitfensters überprüft werden. Mit dem Einsatz von 2 Megapixel Kameras, entstehen insgesamt ca. 7 Milliarden Grauwerte, die für jedes Fahrzeug aufgezeichnet und zeitnah verarbeitet werden müssen. Dies kann nur durch optimierte Software in einem dezentralen System erledigt werden.

**BEWÄHRTE LÖSUNG.** In Zusammenarbeit mit einem europäischen Premium-Automobilhersteller und der Universität Passau wurden umfassende Studien an mehr als 1000 Fahrzeugen mit Hilfe eines in die Fahrzeugproduktion eingebundenen Testsystems durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass reflectControl der menschlichen Kontrolle deutlich überlegen ist. Basierend auf diesen Ergebnissen wird nun die nächste Stufe beschritten: Implementierung eines Inline-Messsystems zur vollständigen Inspektion aller Fahrzeuge auf der Linie. ↪ L105113

[www.micro-epsilon.de](http://www.micro-epsilon.de)

**AUTOR.** Dipl.-Ing. Hannes Loferer ist Produktmanager Oberflächenprüfung bei der Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG in Ortenburg. Kontakt: Hannes.Loferer@Micro-Epsilon.de



Bild 4: Inspektion eines Fahrzeughecks mittels Auswertung von Reflexionen